



## 物理所碳纳米管薄膜基人工肌肉致动器研究取得进展

文章来源：物理研究所

发布时间：2012-01-11

【字号： 小 中 大 】

碳纳米管自上世纪九十年代初发现以来，一直是人们研究的热点。各种类型的碳纳米管及其宏观聚集体陆续被报道，其优异的力学、电学性能也不断地被挖掘，用以制备高性能的多功能纳米复合材料、超级电容器及致动器等。

中科院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室（筹）先进材料与结构分析实验室“纳米材料与介观物理”研究小组，多年来一直致力于各种纳米材料的研究。近年来他们又在碳纳米管宏观薄膜及其复合材料的制备、性能及应用研究方面取得了系列进展。他们利用CVD方法制备出了宏观尺度的碳纳米管薄膜及纤维（*Nano. Lett.* 2007, 7, 2307, *Adv. Mater.* 2009, 21, 603），并利用这种连续的力电传递载体制备了高性能的新型碳纳米管复合纤维（*Nano. Lett.* 2009, 9, 2855）、复合薄膜（*Nanoscale* 2011, 3, 3731）及卷绕式电化学超级电容器（*Energy Environ. Sci.* 2011, 4, 1440）。最近，在以上工作的基础上，该研究组解思深院士指导的博士生李金柱等人又在碳纳米管薄膜基人工肌肉致动器制备及性能研究方面取得了新进展。

很多材料在光、电、热、磁等激励下会产生弯曲、伸缩等类似自然肌肉的力学形变，被称为智能材料或人工肌肉，可广泛用于仿生机器人、开关、传感器等。传统的智能材料包括压电陶瓷材料、记忆合金等，很多新型的聚合物材料也有类似的性能，但却拥有更小的密度，更低的价格。其中，离子型电致动聚合物是一种能将电能直接转化成机械能的材料，包括导电聚合物、碳纳米管、离子聚合物凝胶等，其致动原理是外电场驱动下离子的迁移和聚集导致的不均匀体积形变。其工作电压通常只有几个伏特，这使得它们成为轻质仿生系统运动部件的首选材料。但是离子迁移通常需要在溶液中进行，并且需要克服阻力做功，所以使得这种电致动器件响应较慢（秒至分钟）、频率使用范围很窄（通常小于1 Hz）、力学输出能力也相对较弱。

针对这些难题，研究人员采用连续的碳纳米管薄膜作为电极层及力学增强体，用灌注了离子液体的天然聚合物凝胶作为电解质层，热压组装成三明治结构的电致动聚合物器件。对这样的悬臂梁式器件两电极层间施加一个交流电场，它就会发生快速的往复摆动。与之前的离子型聚合物致动器相比，这种新型致动器可以长期稳定地工作在空气中，其电力学性能也有着一到两个数量级的进步，如超快的电力学响应（18毫秒）、相当宽的频率使用范围（几十至上百Hz）以及惊人的力学输出能力（1080 MPa/s, 244 W/Kg）。

如此显著的性能提高，不仅是因为碳纳米管与选用的聚合物材料及离子液体有着良好的生物相容性，还来源于碳管薄膜电极的高电导及其优异力学性能对整个复合器件力学性能的提高和调制。这种新型的电致动器件可以工作在很宽的频率内，如低频下工作的夹持装置或人工机器人手臂的弯曲构件，或高频共振频率下工作的轻型仿生飞行机器人的动力系统或仿生飞行昆虫的翅膀。

相关结果发表在*Nano Lett.* (2011, 11, 4636-4641) 上。

以上相关工作得到了中国科学院、国家自然科学基金委员会、科技部和北京市教委的支持。

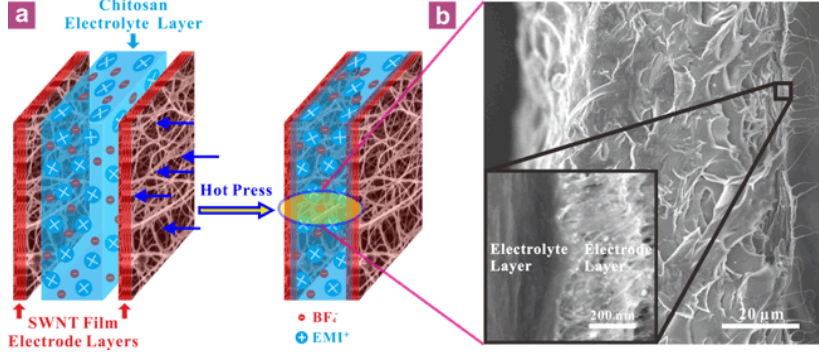


图1 碳纳米管薄膜基人工肌肉致动器的组装示意图(a)与SEM截面形貌图(b)

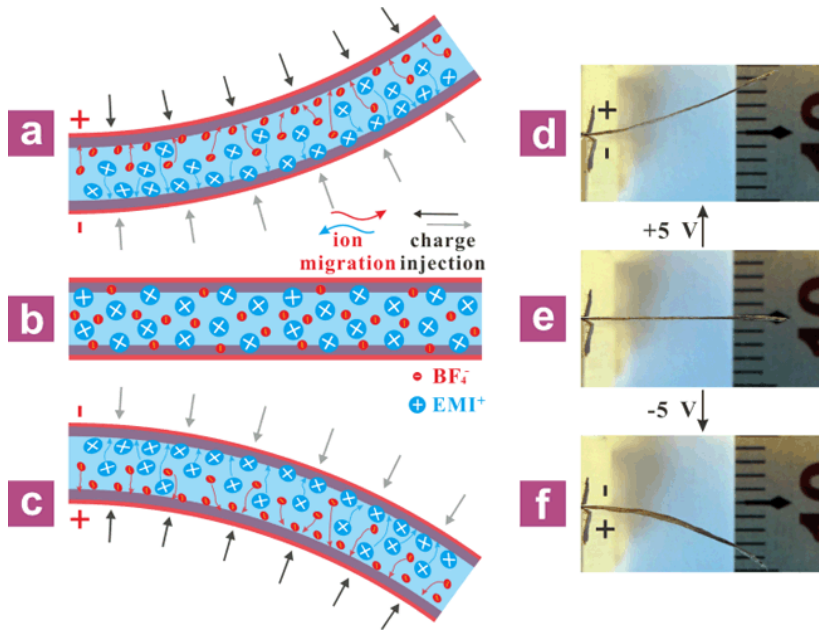


图2 碳纳米管薄膜基人工肌肉致动器的电致动原理图(a-c)及实验光学图(d-f)

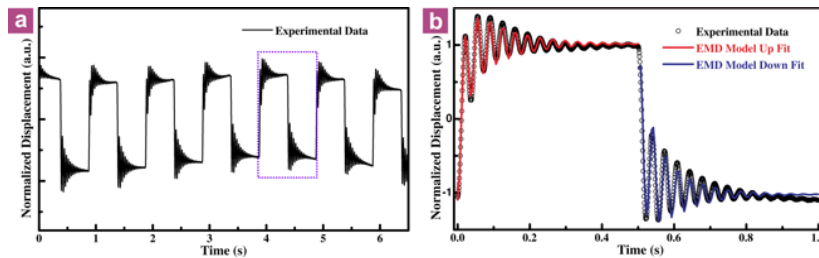


图3 碳纳米管薄膜基人工肌肉致动器的超快电力学响应(a)及模型分析图(b)

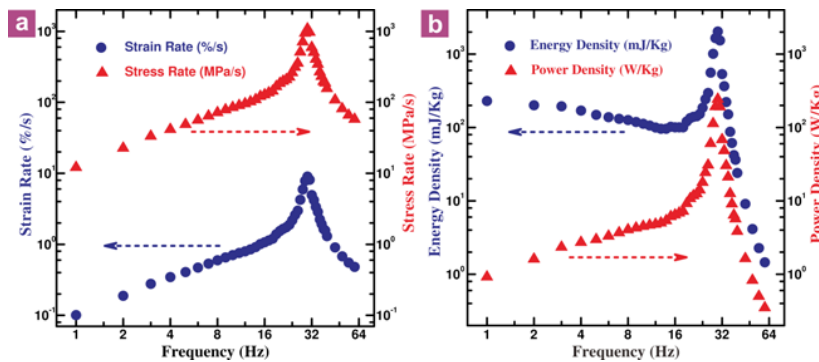


图4 碳纳米管薄膜基人工肌肉致动器力学输出的频率响应关系图：(a) 应力、应变速率；(b) 能量密度、功率密度

